

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

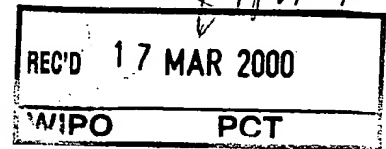
**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problems Mailbox.**

THIS PAGE BLANK (USPTO)

PCT/DE 99/03834
BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DE 99/3834

**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



Bescheinigung

Die Siemens Aktiengesellschaft in München/Deutschland hat eine Patentanmeldung
unter der Bezeichnung

"Verfahren und Anordnung zur Reduktion einer Anzahl
von Meßwerten eines technischen Systems"

am 3. Dezember 1998 beim Deutschen Patent- und Markenamt eingereicht.

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprüng-
lichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

Die Anmeldung hat im Deutschen Patent- und Markenamt vorläufig das Symbol
G 01 D 3/032 der Internationalen Patentklassifikation erhalten.

München, den 9. März 2000

Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident

Im Auftrag

Jerofsky

Aktenzeichen: 198 55 877.5

THIS PAGE BLANK (USPTO)

Beschreibung**Verfahren und Anordnung zur Reduktion einer Anzahl von Meßwerten eines technischen Systems**

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anordnung zur Reduktion einer Anzahl von Meßwerten eines technischen Systems.

10

Ein technisches System, z.B. eine Anlage der Verfahrenstechnik, liefert anhand unterschiedlicher Meßwertaufnehmer (Sensoren) eine große Menge Meßwerte pro Zeiteinheit. Im Verlauf mehrerer Tage oder Wochen sammelt sich eine Datenmenge an, die zu bearbeiten eine entsprechend hohe Rechenleistung erfordert. Sollen die Meßwerte zur Anpassung oder Neueinstellung des technischen Systems eingesetzt werden, sind oftmals Operationen notwendig, deren Komplexität nurmehr einen Teil der Meßwerte zuläßt. Nun ist es ein großer Nachteil, willkürlich eine bestimmte Anzahl Meßwerte aus der Menge aller Meßwerte auszuwählen und weiterzuverarbeiten, da Meßwerte geringer Signifikanz, z.B. Meßwerte mit hohen Störeinflüssen, einen beträchtlichen Einfluß auf das Gesamtergebnis haben und dieses deutlich verfälschen.

15

20

30

Die **Aufgabe** der Erfindung besteht darin, ein Verfahren und eine Anordnung zur Reduktion von Meßwerten anzugeben, wobei gewährleistet wird, daß die verbleibenden Meßwerte eine hohe Signifikanz, im Hinblick auf deren Beschreibung des technischen Systems, aufweisen.

35

Diese Aufgabe wird gemäß den Merkmalen der unabhängigen Patentansprüche gelöst. Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich auch aus den abhängigen Ansprüchen.

Zur Lösung der Aufgabe wird ein Verfahren zur Reduktion einer Anzahl von Meßwerten eines technischen Systems angegeben, bei

dem die Meßwerte entsprechend vorgegebenen Kriterien in Klassen eingeteilt werden. Die Meßwerte einer Klasse werden bewertet und diejenigen Meßwerte, deren Bewertung unterhalb eines vorgegebenen ersten Schwellwertes liegt, werden
5 aussortiert.

Durch die Aussortierung der Meßwerte ergibt sich eine Reduktion hinsichtlich der Anzahl der Meßwerte. Somit liegen für eine Weiterverarbeitung eine deutlich reduzierte Anzahl
10 von Meßwerten vor. Die Weiterverarbeitung kann mit gegenüber der nicht reduzierten Anzahl von Meßwerten geringerem Rechenaufwand erfolgen.

Eine Weiterbildung besteht darin, daß auch die Klassen selbst
15 bewertet werden. Insbesondere kann eine Klasse, deren Bewertung unterhalb eines vorgegebenen zweiten Schwellwerts liegt, aussortiert werden. Hierdurch ergibt sich eine zusätzliche Reduktion der Anzahl der Meßwerte.

20 Eine andere Weiterbildung besteht darin, daß ein Kriterium für die Klasseneinteilung darin besteht, daß pro Klasse Meßwerte zu einer Vorgabe von Einstellparametern des technischen Systems bestimmt werden. Typischerweise wird das technische System anhand einer vorgegebenen Anzahl von
25 Einstellparametern eingestellt, nach Einstellung erfolgt eine (zumeist zeitverzögerte) Reaktion des Systems auf die Einstellparameter (Einschwingverhalten, Einschwingvorgang des Systems) Nach Einstellung werden somit eine bestimmte Menge an Meßwerten aufgenommen, die dem Einschwingvorgang
30 zugeordnet werden können, wobei nach abgeschlossenem Einschwingvorgang (Übergang in den stationären Betrieb) weiterhin Meßwerte anfallen, die dem vorgegebenen Satz Einstellparameter zugeordnet werden. Durch Verstellung der Einstellparameter wird eine neue Klasse bestimmt. Alle
35 Meßwerte, die jeweils nach einer Verstellung der Einstellparameter anfallen, gehören in eine eigene Klasse.

Eine andere Weiterbildung besteht darin, daß Meßwerte innerhalb einer Klasse, die dem jeweiligen Einschwingvorgang zugeordnet werden können, aussortiert werden. Zusätzlich können fehlerhafte Meßwerte aussortiert werden. Die

- 5 Einstellung großer technischer Systeme ist in vielen Fällen auf eine langfristigen stationären Betrieb ausgerichtet. Meßwerte, die sich auf den Einschwingvorgang (von kurzer Dauer im Verhältnis zum stationären Betrieb nach abgeschlossenem Einschwingvorgang) beziehen, werden sinnvoll
- 10 aussortiert, da durch sie Meßwerte für den stationären Betrieb verfälscht werden. Insbesondere im Rahmen einer Modellierung des technischen Systems, sind die Meßdaten des stationären Verhaltens des technischen Systems interessant.

- 15 Eine Ausgestaltung besteht darin, die Anzahl der Meßwerte in einer Klasse dadurch zu reduzieren, daß mindestens ein repräsentativer Wert für die Meßwerte der Klasse bestimmt wird. Solch ein repräsentativer Wert kann sein:

- 20 a) ein Mittelwert (z.B. ein gleitender Mittelwert) der Meßwerte der Klasse,
b) ein Maximalwert der Meßwerte der Klasse,
c) ein Minimalwert der Meßwerte der Klasse,
d) ein Median.

Bei Variante d) liegt ein Vorteil darin, daß immer ein Wert bestimmbar ist, den es tatsächlich gibt, wohingegen der Mittelwert a) selbst nicht als Wert vorkommt.

- Je nach Anwendungsfall, kann eine geeignete Wahl zur
- 30 Bestimmung des repräsentativen Werts einer Klasse erfolgen.

Eine ganze Klasse mit Meßwerten kann aussortiert werden, wenn diese weniger als eine vorgegebene Anzahl Meßwerte enthält.

- 35 Eine andere Ausgestaltung besteht darin, daß diejenigen Meßwerte aussortiert werden, die um mehr als einen vorgegebenen Schwellwert von einem vorgebbaren Wert

verschieden sind. Der vorgebbare Wert kann ein Mittelwert aller Meßwerte der Klasse oder ein zu erwartender Meßwert auf die jeweiligen Einstellparameter des technischen Systems sein.

5

Eine Weiterbildung besteht darin, daß die in ihrer Anzahl reduzierten Meßwerte zur Simulation und/oder zum Entwurf dieses oder eines anderen technischen Systems eingesetzt werden.

10

Der Entwurf des technischen Systems kann dabei sowohl eine Anpassung als auch einen Neuentwurf dieses oder eines anderen technischen Systems umfassen.

15

Auch im Rahmen der Simulation kann anhand der reduzierten Anzahl von Meßwerten das Verhalten des technischen Systems überprüft werden mit dem Ziel, das System zu verändern bzw. ein neues System mit veränderten Vorgaben zu entwickeln.

20

Auch wird zur Lösung der Aufgabe eine Anordnung zur Reduktion einer Anzahl von Meßwerten eines technischen Systems angegeben, die eine Prozessoreinheit aufweist, welche Prozessoreinheit derart eingerichtet ist, daß die Meßwerte entsprechend vorgegebenen Kriterien in Klassen aufteilbar

25

sind. Meßwerte einer Klasse sind bewertbar, Meßwerte deren Bewertung unterhalb eines vorgegebenen ersten Schwellwerts liegt, werden aussortiert.

30

Diese Anordnung ist insbesondere geeignet zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens oder einer seiner vorstehend erläuterten Weiterbildungen.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachfolgend anhand der Zeichnung dargestellt und erläutert.

35

Es zeigen

Fig.1 ein Blockdiagramm, das Schritte eines Verfahrens zur Reduktion von Meßwerten enthält;

Fig.2 eine schematische Skizze eines Recovery-Boilers;

5

Fig.3-5 Eingangsgrößen, Stellgrößen und Ausgangsgrößen des Recovery-Boilers.

- 10 **Fig.1** zeigt ein Blockdiagramm, das Schritte eines Verfahrens zur Reduktion von Meßwerten enthält. In einem ersten Schritt 101 wird eine Klasseneinteilung der Meßwerte vorgenommen. Insbesondere erfolgt die Klasseneinteilung dahingehend, daß in einer Klasse alle Meßwerte, die zu einem Satz
- 15 Einstellparameter gehören, zusammengefaßt werden. Insoweit begründet jede Veränderung der Einstellparameter des technischen Systems eine neue Klasse. Insbesondere ist mit der Veränderung der Einstellparameter ein Einschwingvorgang des technischen Systems verbunden, der im Gegensatz zu einem
- 20 stationären Verhalten starke Schwankungen der Meßwerte beinhaltet. In einem Schritt 102 werden einzelne Meßwerte innerhalb einer Klasse aussortiert. Dies können beispielsweise fehlerhafte Meßwerte, also Meßwerte, die eine hohe Abweichung gegenüber den anderen Meßwerten bzw. einen Mittelwert der Meßwerte darstellen, sein bzw. Meßwerte des Einschwingvorgangs sein. Es gibt mehrere Möglichkeiten, einzelne Meßwerte innerhalb einer Klasse auszusortieren:
1. Meßwerte, die zu schlecht sind (bezogen auf einen vorgegebenen Vergleichswert);
 2. Meßwerte, die zu einem Einschwingvorgang gehören;
 3. Meßwerte, die fehlerhaft sind;
 4. Bestimmung eines repräsentativen Meßwerts als Stellvertreter für mehrere Meßwerte, indem der repräsentative Meßwert als Mittelwert der Meßwerte einer Klasse bzw. als ein Maximalwert bzw. ein
- 35 Minimalwert dieser Meßwerte bestimmt wird.

Derartige Meßwerte werden bevorzugt nicht berücksichtigt, sie werden aus der jeweiligen Klasse entfernt. Dadurch ergibt sich eine deutliche Reduktion der Anzahl der Meßwerte. In einem Schritt 103 werden einzelne Klassen aussortiert. Ein
5 Kriterium für die Aussortierung einer ganzen Klasse besteht darin, daß die Klasse weniger als eine vorgegebene Anzahl von Meßwerten enthält. In einem Schritt 104 werden die in der Anzahl reduzierten Meßwerte zur Weiterverarbeitung eingesetzt. Eine Weiterverarbeitung ist insbesondere eine
10 Simulation und/oder ein Entwurf des technischen Systems.

Fig.2 zeigt eine schematische Skizze eines Recovery-Boilers. Nachfolgend wird anhand des Beispiels "Recovery-Boiler" ein Ausführungsbeispiel des oben beschriebenen Verfahrens
15 veranschaulicht.

In der ~~Papier- und Zellstoffindustrie~~ werden zum Aufschluß von Zellstoff ~~verschiedene Chemikalien sowie Wärme und Elektroenergie~~ benötigt. Aus einer eingedeckten Prozeßablauge
20 (Schwarzlauge) lassen sich mit Hilfe des Recovery-Boilers die verwendeten Chemikalien und zusätzlich Wärmeenergie zurückgewinnen. Ein Maß für die Zurückgewinnung der Chemikalien ist von entscheidender Bedeutung für die Wirtschaftlichkeit der Gesamtanlage.

25 Die Schwarzlauge wird in einem Schmelzbett 201 verbrannt. Dabei bildet sich eine Alkalischmelze, die über eine Leitung 202 abfließt. Aus den Bestandteilen der Alkalischmelze werden in weiteren Verfahrensschritten die eingesetzten Chemikalien
30 zurückgewonnen. Frei gewordene Verbrennungswärme wird zur Erzeugung von Wasserdampf genutzt. Die Verbrennung der Ablauge und damit die Rückgewinnung der Chemikalien beginnt mit der Zerstäubung der Schwarzlauge über Zerstäuberdüsen 204 in eine Brennkammer 203. Partikel der zerstäubten
35 Schwarzlauge werden bei ihrem Fall durch das heiße Rauchgas getrocknet. Die getrockneten Laugenpartikel fallen auf das Schmelzbett 201, wobei eine erste Verbrennung und eine

chemische Reduktion stattfinden. Flüchtige Bestandteile und Reaktionsprodukte gelangen in eine Oxidationszone, in der oxidierende Reaktionen ablaufen und in der die Verbrennung abgeschlossen wird.

5

Wichtige Zielvorgaben für die Steuerung des Recovery-Boilers sind die Dampfproduktion zur Energiegewinnung, die Einhaltung von Emissionswerten unter Umweltgesichtspunkten und die Effizienz der chemischen Reduktion.

10

Der Verbrennungsvorgang, und damit die Zielvorgaben, werden insbesondere durch die Luftzufuhr in drei Ebenen (Primary Air (PA), Secondary Air (SA), Tertiary Air (TA)) gesteuert. Der Gesamtprozeß unterliegt zahlreichen Einflüssen, die bei der Modellierung zu berücksichtigen sind:

15

a) Die Messung der Größen unterliegen oftmals starken Schwankungen;

20

b) Es existieren nicht gemessene und nicht meßbare Einflußgrößen;

c) Bei jeder Änderung der einstellbaren Parameter kommt es zu Einschwingvorgängen;

d) Die technische Anlage verschmutzt und wird in vorgegebenen Abständen gereinigt, wodurch im Systemverhalten jeweils ein zeitlicher Drift bewirkt wird.

30

Die gemessenen Größen des Gesamtprozesses werden in Eingangsgrößen (vgl. **Fig.3**) und Ausgangsgrößen (vgl. **Fig.5**) unterteilt. Jede Minute werden Meßwerte abgespeichert. Vier der Eingangsgrößen sind gleichzeitig auch Stellgrößen (auch: einstellbare Parameter; vgl. **Fig.4**). Die Stellgrößen sind im wesentlichen als unabhängig voneinander einstellbare freie Parameter des Gesamtprozesses anzusehen. Einige der anderen

35

Eingangsgrößen sind von den Stellgrößen mehr oder minder abhängig. Gemäß einer Vorgabe sind beim Recovery-Boiler die Größen "BL Front Pressure" und "BL Back Pressure" stets gleich zu regeln. Die vier Stellgrößen (vgl. Fig.4) sind
5 vorzugsweise abzuspeichern als Stellgrößen (mit dem gewünschten, voreingestellten Wert) und als Eingangsgrößen (mit dem gemessenen, realen Wert).

Beim Recovery-Boiler besteht eine Problemstellung darin, in
10 Abhängigkeit von den einstellbaren Parametern bestimmte Zielvorgaben, die über gemessene Größen definiert werden, zu erfüllen. Hier wird eine dreistufige Vorgehensweise zur Lösung des Problems gewählt:

- 15 1. Die zu betrachtenden Zielvorgaben werden durch stochastische Methoden modelliert, wobei diese Modelle durch neue Messungen aktualisiert werden (datengetriebene, empirische Modellierung). Dabei ist es sinnvoll, nicht nur ein einziges Modell zu verwenden,
20 sondern globale Modelle für die Identifikation interessanter Gebiete in einem durch die Zielvorgaben bestimmten Parameterraum und lokale Modelle zur exakten Berechnung optimaler Arbeitspunkte einzusetzen. Die verwendeten Modelle werden durch Gütemaße bewertet.
25
2. Falls die betrachteten Modelle aufgrund der Datenlage nicht hinreichend genau sind (Gütemaße), werden gezielt neue Arbeitspunkte zur Modellverbesserung ausgewertet (Experimental Design). Ferner werden durch Verwendung
30 globaler stochastischer Optimierungsverfahren bzgl. der Zielvorgaben attraktive Gebiete in Abhängigkeit vom aktuellen globalen Modell identifiziert.
3. Für die lokale Optimierung werden lokale Modelle
35 konstruiert und die zur Verfügung stehenden Datensätze gegebenenfalls gezielt erweitert (Experimental Design).

Bei den Zielvorgaben handelt es sich um physikalisch-technische bzw. betriebswirtschaftliche Kriterien, die in der Regel Randbedingungen und/oder Sicherheitsbedingungen entsprechen müssen. Häufig sind mehrere dieser Kriterien gleichzeitig zu betrachten. Die Verwendung eines stochastischen Modells kann insbesondere dazu verwendet werden, die zu optimierenden Zielgrößen und ihre Abhängigkeit von den einzustellenden Parametern im Rechner zu simulieren. Dies ist dann notwendig, wenn Messungen sehr kostenintensiv bzw. sehr zeitaufwendig sind. Bei Sicherheitsanforderungen können mögliche Gefahrensituationen vermieden werden.

Beim Recovery-Boiler ist eine Online-Optimierung, die auf mehreren Daten basiert, notwendig, weil die physikalisch-chemischen Prozesse nicht mit ausreichender Genauigkeit quantitativ modelliert werden können und weil das Verhalten der Anlage im Verlauf des Betriebs Schwankungen unterliegt. Das Wissen über dieses Verhalten muß stetig durch gezielte Wahl neuer Arbeitspunkte erweitert werden. Daher empfiehlt sich im Rahmen der Online-Optimierung das bereits beschriebene dreistufige Vorgehen der stochastischen Modellierung und der mathematischen Optimierung.

BESCHREIBUNG DER EINGANGSGRÖSSEN

Die a Eingangsgrößen ($a \in \mathbb{N}$, \mathbb{N} : Menge der natürlichen Zahlen) sind im allgemeinen von n Stellgrößen $n \in \mathbb{N}$ und von Zufallseffekten abhängig. Sie können wie folgt beschrieben werden:

Es seien $(\Omega, \mathcal{S}, \mathcal{P})$ ein Wahrscheinlichkeitsraum und \mathcal{B}^v eine Borelsche σ -Algebra über \mathbb{R}^v (\mathbb{R} : Menge der reellen Zahlen) für jedes $v \in \mathbb{N}$. Die Eingangsgrößen werden über eine $\mathcal{B}^n \times \mathcal{S} - \mathcal{B}^a$ -meßbare Abbildung φ dargestellt:

$$\varphi : \mathbb{R}^n \times \Omega \rightarrow \mathbb{R}^a \quad (1).$$

Die Definitionsmenge der Abbildung φ ist ein kartesisches Produkt zweier Mengen. Betrachtet man die jeweiligen Projektionen auf die Einzelmengen, so erhält man folgende
5 Abbildungen:

$$\varphi_x: \Omega \rightarrow \mathbb{R}^a, \omega \rightarrow \varphi(x, \omega) \quad \text{für alle } x \in \mathbb{R}^n \quad (2),$$

$$\varphi^\omega: \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}^a, x \rightarrow \varphi(x, \omega) \quad \text{für alle } \omega \in \Omega \quad (3).$$

10

$\{\varphi_x; x \in \mathbb{R}^n\}$ ist ein stochastischer Prozeß mit einer Indexmenge \mathbb{R}^n und eine Abbildung φ^ω ist für jedes Ereignis $\omega \in \Omega$ ein Pfad dieses stochastischen Prozesses.

15 Beim Recovery-Boiler ist $n=4$ und $a=14$ (nach Elimination der Größe "BL Back Pressure").

Aufgrund der geforderten Meßbarkeit der Abbildung φ_x ist für jedes $x \in \mathbb{R}^n$ die Abbildung φ_x eine Zufallsvariable. Unter
20 geeigneten Zusatzvoraussetzungen können Erwartungswerte und höhere Momente betrachtet werden. Dieser Zugang ermöglicht den Schritt von stochastischen Modellen zu deterministischen Optimierungsproblemen. Bei einem deterministischen Optimierungsproblem ist die Zielfunktion direkt mittels einer
25 Variablen einstellbar, wohingegen die stochastische Größe die Zielfunktion beeinflusst, aber keine gezielte Einstellung ermöglicht.

30 BESCHREIBUNG DER AUSGANGSGRÖßEN

Das Prozeßmodell M des Recovery-Boilers wird als Funktion in Abhängigkeit von den Eingangsgrößen und weiteren Zufallseffekten beschrieben. Dabei sei $(\Omega, \mathcal{S}, \mathcal{P})$ der obige
35 Wahrscheinlichkeitsraum. Das Prozeßmodell M ist dann eine $\mathcal{B}^a \times \mathcal{S} - \mathcal{B}^b$ -meßbare Abbildung:

$$M : \mathbb{R}^a \times \Omega \rightarrow \mathbb{R}^b$$

(4),

5 wobei b die Anzahl der Ausgangsgrößen bezeichnet.

Da der Recovery-Boiler einem zyklischen zeitlichen Drift unterliegt (von Reinigungsphase zu Reinigungsphase), ist zudem eine Beschreibung mit einem Zeitparameter denkbar. Die Ausgangsgrößen lassen sich durch $\mathbb{R}^n \times \mathcal{S} - \mathbb{R}^b$ -meßbare
10 Abbildungen ψ darstellen:

$$\psi : \mathbb{R}^n \times \Omega \rightarrow \mathbb{R}^b$$

(5),

$$(x, \omega) \rightarrow M(\varphi(x, \omega), \omega)$$

(6).

15

Betrachtet man die jeweiligen Projektionen auf die Einzelmengen der Definitionsmenge, so erhält man folgende Abbildungen

$$20 \quad \psi_x : \Omega \rightarrow \mathbb{R}^b, \omega \rightarrow \psi(x, \omega) \quad \text{für alle } x \in \mathbb{R}^n \quad (7),$$

$$\psi^\omega : \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}^b, x \rightarrow \psi(x, \omega) \quad \text{für alle } \omega \in \Omega \quad (8).$$

25 $\{\psi_x; x \in \mathbb{R}^n\}$ ist ein stochastischer Prozeß mit einer Indexmenge \mathbb{R}^n und die Abbildung ψ^ω ist für jedes $\omega \in \Omega$ ein Pfad dieses stochastischen Prozesses.

Beim Recovery-Boiler ist $b=15$.

30 Die Tatsache, daß bei der Definition von ψ zwischen den verwendeten Ereignissen ω nicht unterschieden wird, bedeutet keine Einschränkung, da Ω als kartesisches Produkt aus einem Ω_1 und einem Ω_2 dargestellt werden kann. Die obige
35 Darstellung umfaßt somit auch das Modell:

$$\psi : \mathbb{R}^n \times \Omega_1 \times \Omega_2 \rightarrow \mathbb{R}^b \quad (9),$$

$$(x, \omega_1, \omega_2) \rightarrow M(\psi(x, \omega_1), \omega_2) \quad (10).$$

5

BESCHREIBUNG DER ZUR VERFÜGUNG STEHENDEN DATENSÄTZE

Mit den Beschreibungen in den beiden vorangegangenen Abschnitten kann man die Eingangsgrößen und die Ausgangsgrößen gemeinsam zu Meßgrößen Φ zusammenfassen. Φ ist eine
 10 $\mathbb{R}^n \times \mathcal{S} - \mathbb{R}^m$ -meßbare Abbildung mit $m = a + b$ und

$$\Phi : \mathbb{R}^n \times \Omega \rightarrow \mathbb{R}^m \quad (11),$$

$$15 \quad (x, \omega) \rightarrow \begin{pmatrix} \varphi(x, \omega) \\ \psi(x, \omega) \end{pmatrix} \quad (12).$$

Betrachtet man wieder die jeweiligen Projektionen auf die Einzelmengen der Definitionsmenge, so erhält man folgende Abbildungen:

20

$$\Phi_x : \Omega \rightarrow \mathbb{R}^m, \omega \rightarrow \Phi(x, \omega) \quad \text{für alle } x \in \mathbb{R}^n \quad (13),$$

$$\Phi^\omega : \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}^m, x \rightarrow \Phi(x, \omega) \quad \text{für alle } \omega \in \Omega \quad (14).$$

25

$\{\Phi_x; x \in \mathbb{R}^n\}$ ist ein stochastischer Prozeß mit einer Indexmenge \mathbb{R}^n und die Abbildung Φ^ω ist für jedes $\omega \in \Omega$ ein Pfad dieses stochastischen Prozesses.

30 Für jedes gewählte Stellgrößentupel x werden beim Recovery-Boiler viele Realisierungen von Φ_x ermittelt und abgespeichert, d.h. zu jedem $x_j \in \mathbb{R}^n$ werden zahlreiche Realisierungen

$$\Phi_{jk} := \Phi(x_j, \omega_{jk}) \quad (15)$$

mit $\omega_{jk} \in \Omega; k = 1, 2, \dots, v_j;$

5 $v_j \in \mathbb{N}; j = 1, 2, \dots, u; u \in \mathbb{N}$

betrachtet. Die gespeicherten Datensätze D_{jk} des Recovery-Boilers sind also $(n + m)$ -Tupel:

$$10 \quad D_{jk} = \begin{pmatrix} x_j \\ \Phi_{jk} \end{pmatrix}, \quad k = 1, 2, \dots, v_j; j = 1, 2, \dots, u \quad (16).$$

Dabei wird $D_{j_1 k_1}$ vor $D_{j_2 k_2}$ abgespeichert, wenn

$$(j_1 < j_2) \vee ((j_1 = j_2) \wedge (k_1 < k_2))$$

15

gilt.

DATENKOMPRESSION DURCH KLASSENEINTEILUNG DER PARAMETER

20

Da für jedes Stellgrößentupel x im allgemeinen mehrere Realisierungen von Φ_x vorliegen, bietet sich aufgrund der komplexen stochastischen Eigenschaften des zu betrachtenden Prozesses als erster Schritt der statistischen Datenanalyse eine Klasseneinteilung der Parameter durch Bildung arithmetischer Mittelwerte an. Zudem werden offensichtlich fehlerhafte Datensätze ausgesondert. Ein offensichtlich fehlerhafter Datensatz ist bspw. eine physikalisch unmögliche Messung, der insbesondere aufgrund einer vorgenommenen Einstellung real gar nicht vorkommen kann.

30

Vorgehensweise:

1. Datensätze, bei denen die Größe "BL Front Pressure" ungleich der Größe "BL Back Pressure" ist, werden

35

aussortiert, da diese beiden Werte nach Vorgabe der Anlagensteuerung gleich sein müssen. Der Datenverlust ist sehr gering.

- 5 2. Die ~~Datensätze~~ werden auf Klassen aufgeteilt, in denen die vier Einstellparameter (PA, SA, TA, BL Front Pressure, siehe oben) zeitlich aufeinanderfolgend konstant sind, d.h. die j-te Klasse besteht aus den Datensätzen D_{jk} .

10

3. Klassen, in denen sich weniger als 30 Datensätze befinden, werden ausgesondert, damit Einschwingvorgänge keinen großen Einfluß haben.

- 15 4. Für jede Klasse werden ein arithmetischer Mittelwert $\bar{\Phi}_j$ und eine empirische Standardabweichung s_j für alle Meßgrößen ermittelt:

$$\bar{\Phi}_j = \frac{1}{v_j} \cdot \sum_{k=1}^{v_j} \Phi_{jk} \quad (17),$$

20

$$s_j = \left(\begin{array}{c} \left(\frac{1}{v_j - 1} \cdot \sum_{k=1}^{v_j} \left(\Phi_{jk}^{(1)} - \bar{\Phi}_j^{(1)} \right)^2 \right)^{\frac{1}{2}} \\ \vdots \\ \left(\frac{1}{v_j - 1} \cdot \sum_{k=1}^{v_j} \left(\Phi_{jk}^{(m)} - \bar{\Phi}_j^{(m)} \right)^2 \right)^{\frac{1}{2}} \end{array} \right) \quad (18).$$

5. Klassen bei denen die Mittelwerte für die Größen PA, SA, TA oder BL Front Pressure zu weit von den entsprechenden Einstellparametern entfernt sind, werden ausgesondert. Auf diesen Klassen konnten also die Einstellwerte nicht erreicht werden.
- 25

STATISTISCHE KENNGRÖßEN FÜR DIE GEGEBENEN KLASSEN UND IHRE GRAPHISCHE DARSTELLUNG

- 5 Neben den arithmetischen Mittelwerten und den empirischen Standardabweichungen, die für die einzelnen Klassen bestimmt wurden, wird noch eine gemeinsame Standardabweichung s bestimmt gemäß

$$s = \left(\begin{array}{c} \left(\frac{1}{v-1} \cdot \sum_{j=1}^u (v_j - 1) s_j^{(1)2} \right)^{\frac{1}{2}} \\ \vdots \\ \left(\frac{1}{v-1} \cdot \sum_{j=1}^u (v_j - 1) s_j^{(m)2} \right)^{\frac{1}{2}} \end{array} \right) \quad (19)$$

10

Dabei steht u für die Anzahl der Klassen (hier 205) und v für die Summe der v_j , d.h. v ist die Anzahl aller verwendeten Meßwerte (hier 38915).

Patentansprüche

1. Verfahren zur Reduktion einer Anzahl von Meßwerten eines technischen Systems,
5
a) bei dem die Meßwerte entsprechend vorgegebenen Kriterien in Klassen eingeteilt werden;
b) bei dem Meßwerte einer Klasse bewertet werden und
10 Meßwerte, deren Bewertung unterhalb eines vorgegebenen ersten Schwellwerts liegt, aussortiert werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1,
bei dem die Klassen bewertet werden und eine Klasse, für
15 die die Bewertung unterhalb eines vorgegebenen zweiten Schwellwerts liegt, aussortiert wird;
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
bei dem ein Kriterium für die Klasseneinteilung darin
20 besteht, daß pro Klasse Meßwerte zu einer Vorgabe von Einstellparametern des technischen Systems bestimmt werden.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
25 bei dem in einer Klasse Meßwerte zu einem Einschwingvorgang und/oder fehlerhafte Meßwerte bestimmt und aussortiert werden.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
30 bei dem in einer Klasse die Anzahl der Meßwerte reduziert wird, indem mindestens ein repräsentativer Wert für die Meßwerte der Klasse ermittelt wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5,
35 bei dem der repräsentative Wert bestimmt wird als
a) ein Mittelwert der Meßwerte der Klasse, oder

- b) ein Maximalwert bzw. ein Minimalwert der Meßwerte der Klasse;
- c) ein Median.

5 7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem eine Klasse aussortiert wird, die weniger als eine vorgegebene Anzahl Meßwerte aufweist.

10 8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem in einer Klasse diejenigen Meßwerte aussortiert werden, die um mehr als einen vorgegebenen Schwellwert von einem vorgebbaren Wert verschieden sind.

15 9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die reduzierten Meßwerte zur Simulation und/oder zum Entwurf des technischen Systems eingesetzt werden.

20 10. Anordnung zur Reduktion einer Anzahl von Meßwerten eines technischen Systems, mit einer Prozessoreinheit, die derart eingerichtet ist, daß

a) die Meßwerte entsprechend vorgegebenen Kriterien in Klassen aufteilbar sind;

b) Meßwerte einer Klasse bewertbar sind und Meßwerte, deren Bewertung unterhalb eines vorgegebenen ersten Schwellwerts liegt, aussortiert werden.

30

11. Anordnung nach Anspruch 10, bei der die Prozessoreinheit derart eingerichtet ist, daß die Klassen bewertbar sind und eine Klasse, für die die Bewertung unterhalb eines vorgegebenen zweiten Schwellwerts liegt, aussortiert wird;

35

Zusammenfassung

Verfahren und Anordnung zur Reduktion einer Anzahl von
Meßwerten eines technischen Systems

5

Es wird ein Verfahren zur Reduktion einer Anzahl von
Meßwerten eines technischen Systems angegeben, bei dem die
Meßwerte entsprechend vorgegebenen Kriterien in Klassen
eingeteilt werden. Die Meßwerte einer Klasse werden bewertet
10 und diejenigen Meßwerte, deren Bewertung unterhalb eines
vorgegebenen ersten Schwellwertes liegt, werden aussortiert.

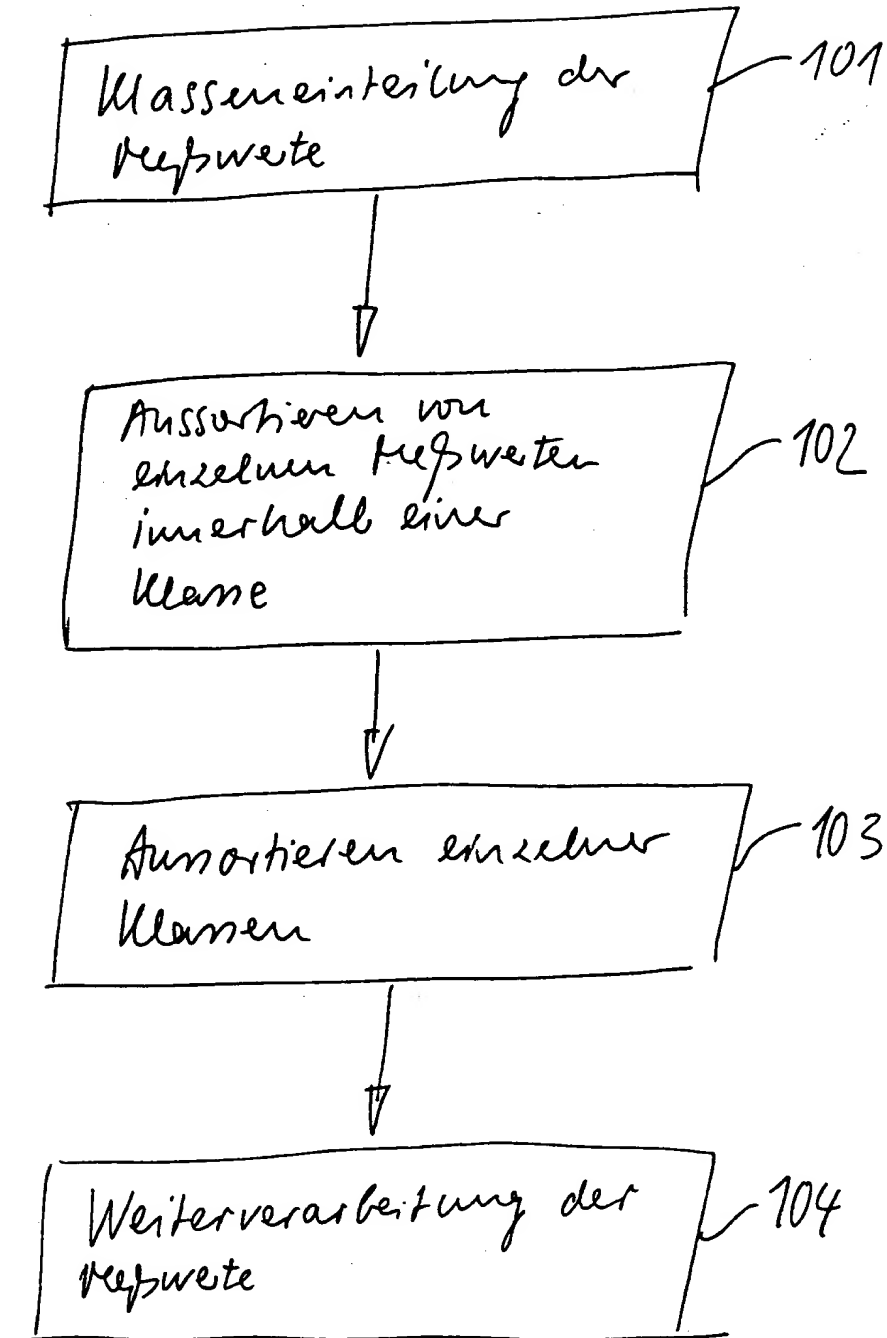
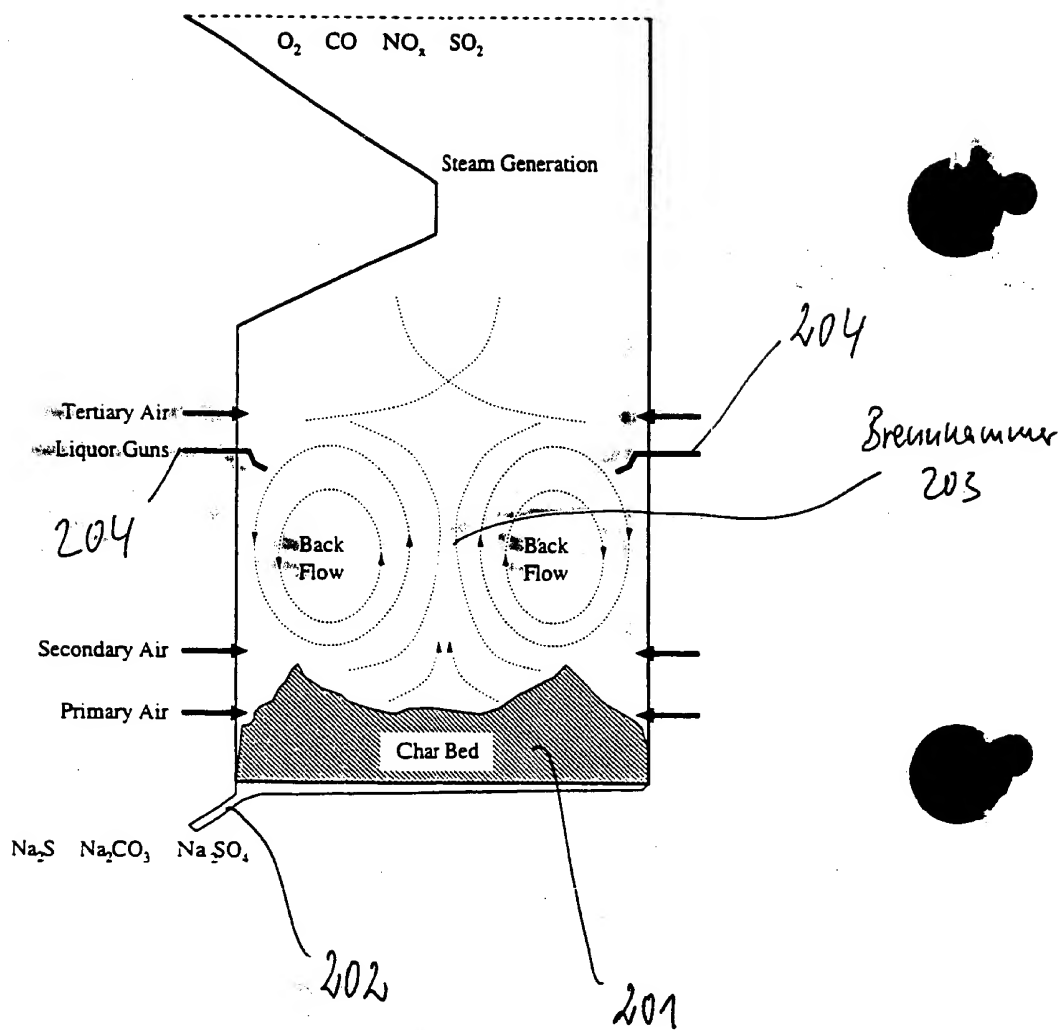


FIG 2



98 P 5866

FIG 3

Eingangsgrößen ¹		
	Meßgröße	Beschreibung
1	FI 7081	BL Flow
2	QI 7082 A	Dry Solids Content
3	FIC 7280 X	PA Primary Air
4	FIC 7281 X	SA Secondary Air
5	FIC 7282 X	TA Tertiary Air
6	PI 7283	PA Pressure
7	PI 7284	SA Pressure
8	PHI 7285	TA Pressure
9	TIC 7288 X	PA Temperature
10	TIC 7289 X	SA Temperature
11	PIC 7305 X	Press Induced Draft
12	HO 7338	Oil Valve
13	TI 7347	BL Temperature
14	PIC 7349 X	BL Front Pressure
15	PIC 7351 X	BL Back Pressure

FIG 4

Stellgrößen		
	Meßgröße	Beschreibung
1	FIC 7280 X	PA Primary Air
2	FIC 7281 X	SA Secondary Air
3	FIC 7282 X	TA Tertiary Air
4	PIC 7349 X	BL Front Pressure

FIG 5

Ausgangsgrößen		
	Meßgröße	Beschreibung
1	TIC 7249 X	Steam Temperature
2	FI 7250	Steam Production
3	QI 7322	O ₂
4	TI 7323	Smoke Temperature
5	QI 7331	H ₂ S
6	QI 7332	SO ₂
7	QIC 7333 X	CO
8	QIC 7370 X	Spec. Weight of Green Liquor
9	QI 7531	NO
10	IBM 8096	Reduction Efficiency
11	IBM 8109	PH Value
12	TI 7352	Bed Temperature
13	IBM 8015	NaOH
14	IBM 8016	Na ₂ S
15	IBM 8017	Na ₂ CO ₃

THIS PAGE BLANK (USPTO)